

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-257145

(P2001-257145A)

(43)公開日 平成13年9月21日(2001.9.21)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト ⁸ (参考)
H 0 1 L 21/027		G 0 3 F 7/20	5 0 4 2H 0 9 7
G 0 3 F 7/20	5 0 4	H 0 1 J 37/305	B 5 C 0 3 4
H 0 1 J 37/305		H 0 1 L 21/30	5 4 1 J 5 F 0 5 6
			5 4 1 R

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 14 頁)

(21)出願番号 特願2000-65377(P2000-65377)

(22)出願日 平成12年3月9日(2000.3.9)

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72)発明者 馬越 俊幸

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株

式会社東芝横浜事業所内

(72)発明者 稲浪 良市

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株

式会社東芝横浜事業所内

(74)代理人 100083806

弁理士 三好 秀和 (外7名)

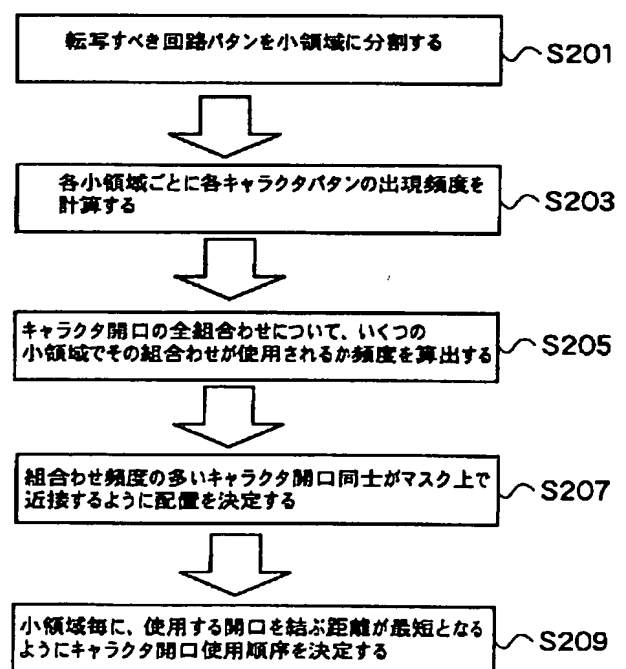
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 荷電ビーム露光装置および荷電ビーム露光方法

(57)【要約】

【課題】 マスク上の開口配置の改良と露光順序の改善により描画精度とスループットの向上を図った荷電ビーム露光装置および露光方法を提供する。

【解決手段】 キャラクタ頻度計算部は、露光すべき回路パターンを複数の小領域に分割し、各小領域ごとに回路パターンの細部を構成するキャラクタパターンの出現頻度を計算する。キャラクタ開口配置決定部は、回路パターン全体を通して、任意の2つのキャラクタパターンが同一の小領域内にある組み合わせ頻度を計算し、組み合わせ頻度の高いキャラクタパターンの開口どうしが近接するようにマスク上でのキャラクタ開口の配置を決定する。偏向順序設定部は、小領域ごとに、使用するマスク上のキャラクタ開口を結ぶ距離が最短となるように、キャラクタ開口を使用する順序を決定する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 荷電ビームを照射する電子銃と、
各々が所定の回路パターンの部分を構成する複数のキャラクタパターンに対応するパターンを有する複数の開口が形成されたマスクと、
前記荷電ビームを前記マスク上の開口に選択的に導く第1デフレクタと、
前記所定の回路パターンを複数の小領域に分割し、小領域ごとに、前記各キャラクタパターンの出現頻度を計算する頻度計算部と、
前記出現頻度に基づいて、任意の2つのキャラクタパターンが同一の小領域内に存在する組み合わせ頻度を計算し、この組み合わせ頻度に基づいて、マスク上の開口配置を決定する開口配置決定部と、
各小領域ごとに、前記荷電ビームで前記マスク上の各開口を照射する順序を決定する偏向順序決定部と、
を備え、前記マスクは、あらかじめ前記開口配置決定部によって決定された開口配置を有することを特徴とする露光装置。

【請求項2】 前記開口配置決定部は、各開口間の距離と、対応する組み合わせ頻度との積の総和が最小となるように、マスク上の開口配置を決定することを特徴とする請求項1に記載の露光装置。

【請求項3】 前記マスクの開口を透過した荷電ビームをウエハ上の所定の位置に導く第2デフレクタをさらに備え、前記小領域は、前記ウエハ上の荷電ビームの偏向領域に対応することを特徴とする請求項1または2に記載の露光装置。

【請求項4】 前記偏向順序決定部は、各小領域ごとに、前記マスク上での荷電ビームの移動距離が最小となるように照射順序を決定することを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の露光装置。

【請求項5】 前記偏向順序決定部は、同じキャラクタパターンの開口が連続して使用され、かつ前記ウエハ上で荷電ビームの移動距離が最小となるように荷電ビームの偏向順序を決定することを特徴とする請求項3に記載の露光装置。

【請求項6】 所定の回路パターンをウエハ上に転写するために使用される露光用マスクであって、前記回路パターンの部分を構成する複数のキャラクタパターンにそれぞれ対応する複数の開口を有し、前記複数の開口は、前記回路パターンを複数の小領域に分割した場合に、任意の2つのキャラクタパターンが同一の小領域内に存在する組み合わせ頻度の高い開口同士を近接して配置されていることを特徴とする露光用マスク。

【請求項7】 前記開口は、各開口間の距離と、対応する組み合わせ頻度との積の総和が最小となるような配置で並べられていることを特徴とする請求項6に記載の露光用マスク。

2

【請求項8】 複数の異なる形状のキャラクタパターンがランダムに配置された所定の回路パターンを、複数の小領域に分割するステップと、
前記小領域ごとに、各キャラクタパターンの出現頻度を計算するステップと、
前記回路パターン全体を通して、任意の2つのキャラクタパターンが同一の小領域内にある組み合わせ頻度を計算するステップと、
組み合わせ頻度の高いキャラクタパターンの形状を有する開口どうしが近接するように、マスク上でのキャラクタ開口の配置を決定するステップと、
前記小領域ごとに、使用するマスク上のキャラクタ開口を結ぶ距離が最短となるように、キャラクタ開口を使用する順序を決定するステップと、
前記マスクを使用し、前記決定されたキャラクタ開口の使用順序にしたがって、前記所定の回路パターンをウエハ上に露光転写するステップとを含む露光方法。

【請求項9】 前記露光転写ステップは、前記決定されたキャラクタ開口の使用順序にしたがって、前記小領域ごとに荷電ビームを偏向させて露光することを特徴とする請求項8に記載の露光方法。

【請求項10】 前記キャラクタ開口の配置決定ステップは、任意の2つのキャラクタ開口間の距離と、これらの開口に対応するキャラクタパターンの組み合わせ頻度との積の総和が最小となるように配置決定することを特徴とする請求項8に記載の方法。

【請求項11】 前記キャラクタ開口の使用順序決定ステップは、各小領域で同じキャラクタ開口が連続して使用されるようにキャラクタ開口使用順序を決定し、前記露光転写ステップは、前記マスクを透過した荷電ビームがウエハ上で移動する距離が最短となるように荷電ビームを偏向させることを特徴とする請求項9に記載の方法。

【請求項12】 複数の異なる形状のキャラクタパターンがランダムに配置された所定の回路パターンを表わす描画データを複数の小領域に分割し、
前記小領域ごとに、キャラクタパターンの出現頻度を計算し、
前記回路パターン全体を通して、任意の2つのキャラクタパターンの組み合わせが同一の小領域内にある組み合わせ頻度を計算し、
組み合わせ頻度の高いキャラクタパターンの形状を有する開口どうしが近接するように、マスク上でのキャラクタ開口の配置を決定し、
前記小領域ごとに、使用するマスク上のキャラクタ開口を結ぶ距離が最短となるように、キャラクタ開口を使用する順序を決定するステップを含むプログラムを記録した、コンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

3

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体製造工程に用いられる露光装置および露光方法に関し、特に、露光工程に要する時間を短縮することによってスループットを向上させることのできる露光装置および露光方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体製造工程における光リソグラフィは、そのプロセス簡便性、低コストなどの利点により、広く半導体装置生産に用いられてきた。この分野は常に技術革新が続けられており、近年では、KrFエキシマレーザ光源を用いた短波長化により、デザインルールが0.18 μ m以下の微細化が達成されつつある。さらに微細化を進めようと、より短波長のArFエキシマレーザ光源や、位相シフトマスクの開発も進められており、0.13 μ mルール対応の量産リソグラフィツールとして期待されている。しかし、これを実現するための課題も多く、開発に関わる時間が長期化して、デバイスの微細化のスピードに追いつかないという問題がある。

【0003】これに対して、ポスト光リソグラフィの第1候補である荷電ビームリソグラフィは、細く絞ったビームを用いて0.01 μ mまで加工ができることは実証済みである。荷電ビームリソグラフィは微細化という点では優れているが、半導体装置量産ツールとしてはスループットに問題がある。すなわち、描画パターンをミクロン単位の細かいパターンに分解して、それらを荷電ビームで1つ1つ順に描いていく可変成形ビーム方式の場合、一般に、パターンサイズが小さくなるほど、また、パターン形状が複雑になるほど、単位面積あたりの露光ショット数が増加し、スループットが低下する。

【0004】ところで、超微細パターンを必要とする半導体装置は、たとえば1GDRAMのように、微細ではあるが、露光する面積の大部分が基本パターンの繰り返しで構成されているものが多い。この繰り返しパターンの単位となる基本パターンを、それ自体の複雑さに関係なく1ショットで生成することができれば、パターンの微細さ、複雑さによらず、一定のスループットで露光することが可能となる。

【0005】そこで、可変成形ビーム方式と部分一括露光方式（キャラクタ・プロジェクション方式ともいう）とを組み合わせることで露光することのできる露光装置が考案されている。キャラクタ・プロジェクション方式とは、それぞれが異なる基本パターンを有する何種類かの開口部（キャラクタ開口と呼ぶ）を備えた透過マスクを荷電ビームで照射することにより、1ショットで基本パターンのある程度の領域を露光し、それをつなげて繰り返しパターンを生成することにより、実用的なスループットを得る露光方式である。

【0006】一般に、ビームを偏向させる場合には、偏向を指示する入力信号を受けてから、実際に電場あるいは磁場が変化してビーム位置が整定されるまで、遅延時

4

間が生じる。ビーム位置が整定される前にビームを照射してしまうと、照射しているビーム位置が変動し、パターン形状や照射位置に影響が生じ、露光品質が劣化する。露光品質の劣化を防止するには、ビームが次の露光位置に整定されるまでの間、ビームの照射をカットする待ち時間が必要である。この待ち時間は、偏向整定待ち時間と呼ばれる。スループットの向上を図るには、偏向整定待ち時間ができるだけ短いほうが好ましい。

【0007】偏向整定待ち時間は、ビーム偏向量の変化量と相関する。偏向変化量が大いほど、ビームの整定に必要な待ち時間が長くなる。露光すべきキャラクタ開口を順次選択して露光、投射するキャラクタ・プロジェクション方式では、あるキャラクタ開口から次のキャラクタ開口へビームを偏向させるたびに、ビーム位置が整定されるまで待たなければならない。マスクに形成されたキャラクタ開口の配置によっては、あるキャラクタ開口から、次のキャラクタ開口まで、ビームを大きく偏向させる場合もあり、待ち時間が一層長くなる。移動幅の大きな偏向動作を繰り返すと、偏向のたびに生じる待ち時間が累積され、ウエハ上に再生される回路パターン全体でみると、描画時間が長大化してスループットが著しく低下する。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】これを回避する方法として、使用頻度の高いキャラクタ開口をマスクの中央部に集め、使用頻度の低いキャラクタ開口を周辺部に配置する方法が提案されている。しかし、この方法はキャラクタ開口の使用順序を考慮していないため、不都合が生じる。すなわち、互いに使用頻度自体は低いが、連続して用いられることの多い2つのキャラクタ開口が、マスク上のかけ離れた場所に配置されることが起こり得る。この場合、図16(a)に示すように、キャラクタ開口を切り替えるためにビームを大きく偏向しなければならず、遅延時間が増大する。

【0009】一方、特開平2-111012公報（特許第2674147号）は、図16(b)に示すように、ウエハ上に露光する時間的順序に合わせて、キャラクタ開口同士を位置的に近接させて配置する方法を開示している。すなわち、マスク上のキャラクタ開口を実際の露光順序どおりに並べることによって、キャラクタ開口選択時の偏向変化量を小さくし、偏向待ち時間の総和を低減することを目的としている。しかし、この方法は、再生したい回路パターン全体が、キャラクタ開口の配置順序どおりの繰り返しパターンで構成されている場合にしか適用できない。複数のキャラクタパターンが回路全体にランダムに配置されているロジックデバイスでは、使用する基本パターン（以下、「キャラクタパターン」という）の数も多く、その使用順序もランダムなため、露光順序をそのままマスク上のキャラクタ開口の配置に反映させることは、非常に困難である。

5

【0010】そこで、本発明の第1の目的は、複数のキャラクタパターンがランダムに配置された回路パターン全体をひとつのマスクで露光し、かつビームの偏向整定待ち時間を大幅に低減することのできる荷電ビームの露光装置を提供することにある。

【0011】本発明の第2の目的は、ランダムロジックデバイスのパターンを正確かつ短時間でウエハ上に露光することのできる荷電ビーム露光方法を提供することにある。

【0012】本発明の第3の目的は、複雑な回路パターンを最も効率的にウエハ上に露光するためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体の提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記第1の目的を達成するために、本発明の露光装置は、荷電ビームを照射する電子銃と、ウエハ上に転写すべき所定の回路パターンを構成する複数のキャラクタパターンに対応する複数の開口が形成されたマスクと、荷電ビームをマスク上の開口に選択的に導く第1デフレクタと、回路パターン内での各キャラクタパターンの出現頻度を計算するキャラクタ頻度計算部と、求められた出現頻度に基づき、マスク上に形成する開口の配置を決定する開口配置決定部と、マスク上の各開口を照射する順序を決定する偏向順序決定部とを有する。キャラクタ頻度計算部は、転写すべき回路パターンを複数の小領域に分割し、各小領域ごとにキャラクタパターンの出現頻度を計算する。開口配置決定部は、出現頻度に基づき、任意の2つのキャラクタパターンが同一の小領域内に存在する組み合わせ頻度をすべての組み合わせについて算出し、この組み合わせ頻度に基づいて、マスク上の開口配置を決定する。

【0014】前記マスクは、あらかじめ、キャラクタパターンの組み合わせ頻度の高い開口どうしが近接するように形成された開口を有する。具体的には、開口配置決定部が、各開口間の距離と、対応する組み合わせ頻度との積の総和が最小となるようにマスク上の開口配置を決定し、この配置決定に基づいて、マスク上に開口が設けられる。このような配置決定は、回路パターン全体の露光を通じて、マスク上での荷電ビームの総移動距離が最小になるものである。

【0015】露光装置はまた、マスクの開口を透過した荷電ビームを偏向させてウエハ上の所定の位置に導く第2デフレクタを備える。所定の回路パターンを分割した小領域は、ウエハ上での荷電ビームの偏向領域に対応する。

【0016】露光装置の偏向順序決定部は、各小領域ごとに、マスク上での荷電ビームの移動距離が最小となるように開口を照射する順序を決定するとともに、同じキャラクタパターンの開口が連続して使用され、かつウエハ上で荷電ビームの移動距離が最小となるように、前記

6

開口を透過した荷電ビームの偏向順序を決定する。

【0017】第2の目的を達成するために、本発明の露光方法は、まず、複数の異なる形状のキャラクタパターンがランダムに配置された所定の回路パターンを、複数の小領域に分割する。そして、小領域ごとに、キャラクタパターンの出現頻度を計算する。さらに、回路パターン全体を通して、任意の2つのキャラクタパターンが同一の小領域内にある組み合わせ頻度を計算する。そして、組み合わせ頻度の高いキャラクタパターンの形状を有する開口同士が近接するように、マスク上でのキャラクタ開口の配置を決定する。次に、各小領域ごとに、使用するマスク上のキャラクタ開口を結ぶ距離が最短となるように、キャラクタ開口を使用する順序を決定する。最後に、このような配置でキャラクタ開口が形成されたマスクを使用し、決定されたキャラクタ開口の使用順序にしたがって、所定の回路パターンをウエハ上に露光転写する。

【0018】マスク上のキャラクタ開口の配置決定は、任意の2つのキャラクタ開口間の距離と、これらの開口に対応するキャラクタパターンの組み合わせ頻度との積の総和が最小となるように配置決定することが、好ましい。回路パターンの露光転写は、決定されたキャラクタ開口の使用順序にしたがって、荷電ビームを偏向させることによって行う。キャラクタ開口の使用順序は、各小領域で同じキャラクタ開口が連続して使用されるように決定されてもよい。このとき、露光転写ステップにおいて、マスクを透過した荷電ビームがウエハ上で移動する距離が最短となるように荷電ビームを偏向させる。

【0019】このような露光装置および露光方法によれば、ビームのマスク上での、かつウエハ上での偏向変化量が最小化され、偏向整定待ち時間を大幅に短縮することができる。特に、多数の異なるサブパターンがランダムに配置された回路パターンを、多数のキャラクタ開口を有するマスクを用いて描画する場合に、本発明の露光装置および露光方法は効果的である。

【0020】第3の目的を達成するために、本発明のコンピュータ読み取り可能な帰路行く媒体は、複数の異なる形状のキャラクタパターンがランダムに配置された所定の回路パターンを表わす描画データをメモリから読み出して複数の小領域に分割し、小領域ごとに、キャラクタパターンの出現頻度を計算し、回路パターン全体を通して、任意の2つのキャラクタパターンの組み合わせが同一の小領域内にある組み合わせ頻度を計算し、組み合わせ頻度の高いキャラクタパターンの形状を有する開口どうしが近接するように、マスク上でのキャラクタ開口の配置を決定し、小領域ごとに、使用するマスク上のキャラクタ開口を結ぶ距離が最短となるように、キャラクタ開口を使用する順序を決定する手順を含むプログラムを記録する。

【0021】本発明のその他の特徴、効果は、以下に述

べる実施の形態によって、より明確になるものである。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明を詳細に説明する。

【0023】図1は、本発明の電子ビーム露光装置100の構成を示す図である。この露光装置100は、上述したように、部分一括露光（キャラクタ・プロジェクション）方式の露光装置である。

【0024】露光装置100は、電子ビームを照射する電子銃101と、それぞれがウエハ上111に転写すべき所定の半導体回路パターン111の細部を構成するサブパターン（以下、「キャラクタパターン」と称する。）に対応するパターンを内部に有する複数の開口（以下、「キャラクタ開口」と称する。）が形成されたマスク107と、電子ビームをマスク107上のキャラクタ開口に選択的に導く第1デフレクタ（成形デフレクタ）105と、マスク上のキャラクタ開口の最良の配置および最良のビーム偏向順序を決定するCPU130とを有する。

【0025】CPU130は、キャラクタ頻度計算部131と、偏向順序決定部132と、キャラクタ開口配置決定部133とを含む。キャラクタ頻度計算部131は、転写すべき所定の半導体回路パターンを複数の小領域に分割し、各小領域ごとに、そこに含まれるキャラクタパターンの出現頻度を計算する。偏向順序決定部132は、頻度計算部131によって求められた出現頻度に基づき、各小領域ごとに、荷電ビームでマスク上の各開口を照射する順序を決定する。キャラクタ開口配置決定部133は、同じくキャラクタパターンの出現頻度に基づき、半導体回路パターン全体としてみた場合に、任意の2つのキャラクタパターンの組み合わせ頻度が高い開口同士が近接するようにマスク上のキャラクタ開口の配置を決定する。したがって、マスク107上のキャラクタ開口は、あらかじめキャラクタ開口配置決定部133により決定された配置にしたがって形成されている。

【0026】露光装置100はまた、マスク107を透過した電子ビームをウエハ上の所定の位置に導くための第2デフレクタ（対物デフレクタ）109を有する。第2デフレクタ109によるウエハ上へのビーム偏向順序も、偏向順序決定部132によって決定される。

【0027】このような露光装置100の基本動作は以下の通りである。

【0028】電子銃101から放射された電子ビーム102は、第1コンデンサレンズ103および第2コンデンサレンズ130で電流密度およびケーラー証明条件が調整され、成形アパーチャ104を均一に照明する。成形アパーチャ104の像は、投影レンズ106により、マスク107上に結像される。

【0029】上述したように、マスク107上には、複数のキャラクタ開口が、キャラクタ開口配置決定部133によって決定された配置で並べられている。これらの

キャラクタ開口は、CPU130の偏向順序決定部132で決定された順序にしたがって、順次選択され、照射される。

【0030】照射すべきキャラクタ開口は、成形偏向系により電子ビーム102を偏向して、マスク上のビーム位置を制御することによって選択される。成形偏向系は、第1デフレクタ105、成形偏向アンプ116、および偏向アンプに偏向データを送るパターンデコーダ115を含む。

【0031】成形アパーチャ104と、マスク107上のキャラクタ開口との光学的重なりによる像は、縮小レンズ108および対物レンズ110によって縮小され、ウエハ111上に結像される。このとき、電子ビーム102のウエハ111上の位置は、第2デフレクタ（対物デフレクタ）109によって制御される。具体的には、上述したパターンデコーダ115から供給される偏向データを、対物偏向アンプ119で増幅し、第2デフレクタ109に電圧を印加することによって、電子ビーム102をウエハ111上の所定の位置に偏向させる。

【0032】ウエハ111は、電子ビーム検出用のファラデーカップ113、電子ビーム102の寸法測定用のマーク台112とともに、可動ステージ114上に設置されている。可動ステージ114をX-Y平面内で駆動することにより、ウエハ111、ファラデーカップ113、マーク台112を選択することができる。

【0033】ブランキング偏向器118は、ウエハ111上で電子ビーム102の位置をある露光位置から次の露光位置へ移動する際に、ウエハ上の不必要な場所が露光されないように、ブランキングアパーチャ131で電子ビーム102を遮断する。ブランキングアンプ120は、ブランキング偏向器118への偏向電圧を制御する。

【0034】図2は、図1の露光装置100を用いたパターン描画の手順を示す図である。

【0035】(i) まず、ステップ201で、ウエハ111上に転写すべき半導体回路パターンを小領域に分割する。このとき、転写すべきパターンのデータを、CAD等のパターン設計装置からCPU130に直接取り込んでもよいし、あらかじめ露光装置100のパターンデータメモリ117に格納しておき、パターンデータメモリ117からCPU130に読み込んでもよい。

【0036】図3は、ロジック半導体回路パターンを小領域に分割する例を示す。図3では、説明の便宜上、半導体回路パターン300を10の小領域（領域#1～#10）に分割してあるが、実際の半導体回路パターンはさらに大きく、分割される小領域の数もずっと多い。小領域のサイズは、ウエハ111上での電子ビームの偏向領域（すなわち露光領域）に対応する。本発明の実施形態では、たとえば50 μ m×50 μ mの小領域に分割し、各領域内のパターンが縮小レンズによりたとえば1

9

／25に縮小されて、対応するウエハ上の露光領域内に転写される。

【0037】図3の例では、半導体回路パターンは、A～Z、\$、¥の28種類のキャラクタパターン（基本セルとも呼ぶ）から構成される。分割された小領域#1～#10には、それぞれ異なるキャラクタパターンが、異なる配置で設計されている。たとえば、小領域#1には、キャラクタパターンA、D、G、H、L、S、Y、¥が所定の配置で存在し、領域#2には、キャラクタパターンA、D、H、K、N、¥が別の配置で存在している。

【0038】(ii)次に、ステップS203で、取り込んだパターンデータに基づき、各小領域ごとに各キャラクタパターンの出現頻度を計算する。この動作は、キャラクタ頻度計算部131によって行われる。図4は、図3に示す回路におけるキャラクタパターンの出現頻度を集計した表である。図4から、図3の半導体回路パターンは、キャラクタパターンA、D、L、Zを比較的多く含むことがわかる。

【0039】(iii)次に、ステップS205で、任意の2つのキャラクタパターンの組み合わせが、半導体回路パターン全体でいくつの小領域内で使用されているのかを示す組み合わせ頻度を計算する。図3に示した半導体回路パターンの例では、キャラクタパターン（A、B）の組み合わせを含む小領域の数は1つ（領域#9のみ）、キャラクタパターン（A、C）の組み合わせを含む小領域が2つ（領域#5と#9）、キャラクタパターン（A、D）の組み合わせを含む小領域は8つである。すべての組み合わせについての頻度を表にすると、図5になる。

【0040】(iv)次に、ステップS207において、組み合わせ頻度の高いキャラクタパターンを有する開口同士がマスク上で近接するように、配置を決定する。この処理は、CPU130のキャラクタ開口配置決定部133によって行われる。組み合わせ頻度が高いということは、その組み合わせに係る2つのキャラクタ開口間で電子ビームが移動する頻度が高いということである。そのような開口間では、ビームの偏向変化量が極力少ないほうが好ましい。そこで、本発明では、キャラクタ開口間の距離と、組み合わせ頻度との積の総和を評価関数として、その値が最小となるようにキャラクタ開口の配置を決定する。

【0041】より詳細に説明すると、たとえば、半導体回路パターン内でのキャラクタパターンの出現頻度や、組み合わせ頻度を考慮せずに、マスク上にキャラクタ開口を単純にA～¥まで順番に並べたとする。この状態を図6に示す。このような単純配置で、実際の回路パターンを小領域ごとに電子ビームで露光した場合、頻繁に使用するキャラクタ開口同士がマスク上で離れている可能性も高く、電子ビームの移動距離が長くなる。図6で

10

は、図5で求めた組み合わせ頻度をラインの太さで表わしてあるが、たとえば、使用する頻度の高いキャラクタパターンの組み合わせ（A、D）、（A、E）、（A、Z）などが、マスク上の離れた位置にあり、ビーム偏向に非常な無駄が生じていることがわかる。

【0042】このような問題点に対し、図4に示したキャラクタパターン出現頻度に基づき、図12に示すように、出現頻度の高いものから順に、マスク107の中心から外周側へと並べていく方法がある。これは従来技術の欄で説明したとおりである。しかし、この方法では、キャラクタパターン同士がどのくらいの頻度で組み合わせられているかを考慮しておらず、小領域ごとに異なるキャラクタパターンが異なる配置でランダムに配置されているロジック回路を描画する場合、偏向整定待ち時間を十分に低減することができない。

【0043】そこで、本発明では、任意の2つのキャラクタパターンの組み合わせ頻度を導入し、マスク107上でのキャラクタ開口間の距離と組み合わせ頻度との積の和が最小になるように、マスク107上でのキャラクタ開口の配置を決定する。こうして決定された配置を図7に示す。

【0044】図7に示す本発明のキャラクタ開口の配置における、キャラクタパターンの組み合わせ頻度を図8に示す。出現頻度順に単純に外周に向けて配置した図12の例とは異なり、現実に関同一領域内で使用される頻度の高いキャラクタパターン同士が近接して配置されている。

【0045】(v)最後に、ステップS209で、分割した各小領域ごとに、使用するキャラクタ開口を結ぶ距離が最短となるように、キャラクタ開口を使用する順序を決定する。この処理は、CPU130の偏向順序設定部132により行われる。

【0046】図9～図11に、図3に示す半導体回路パターンを、ステップS207で決定された開口配置を有するマスクで、各小領域ごとに露光する場合のキャラクタ開口の使用順序を示す。たとえば、領域#1では、キャラクタ開口の使用順序をH→¥→D→A→L→G→S→Yとする。図9から明らかなように、マスク上に照射される電子ビームは、順次隣接するキャラクタ開口へと偏向され、領域#1内での総偏向変化量が最小に抑えられる。小領域#2～#10についても同様に、ビーム移動距離が最小になるように、キャラクタ開口の使用順序を決定する。

【0047】さて、このようなマスクを使用して、電子ビームでパターン露光する場合を考える。小領域#1の露光において、まず電子ビーム102は、第1デフレクタ105によって、最初に選択されたキャラクタ開口Hに導かれる。キャラクタ開口Hを透過した電子ビームは、第2デフレクタ109によって偏向され、ウエハ上の所定の位置（すなわち、図3に示す領域#1の上端近

傍でふたつのキャラクタパターンAに挟まれた位置)に導かれる。

【0048】次に、電子ビーム102は第1デフレクタ105によってマスク上のキャラクタ開口“罂”へ移動される。キャラクタ開口“罂”を透過したビームは、第2デフレクタ109によって、ウエハ上の2ヶ所に順次結像される。図3の例では、まずキャラクタパターンHに近い側の“罂”位置へショットされ、次いで、マスク107上で同じキャラクタ開口罂に固定されたまま、透過ビームだけが第2デフレクタ109によって右下コーナへ偏向される。4番目に選択されるキャラクタ開口Aについても同様にして、ウエハ111上の3ヶ所に順次ビーム偏向が行われる。

【0049】CPU130のビーム偏向順序設定部133は、上述のようにウエハ上の同一露光域内で、同一のキャラクタパターンが複数ヶ所に露光される場合に、同一の開口が連続して使用されるように、マスク上の開口使用順序(第1偏向順序)とともに、ウエハ上への露光順序(第2偏向順序)を決定する。上述したように、半導体回路パターンの分割された小領域は、ウエハ111上でのビーム偏向領域(露光領域)に対応する。したがって、同一露光領域内であれば、マスク107上の同じキャラクタ開口を使用して、第2デフレクタ109により複数位置にかため撃ちすることが可能である。

【0050】本発明との比較例のために、キャラクタパターンの出現頻度だけに基づいて中心から外周へ向けてキャラクタ開口を配置した場合(図12)の、各小領域での最良のキャラクタ開口使用順序を図13~15に示す。これらは、従来の開口配置のマスクでビーム移動距離が最短となる偏向順序ではあるが、図9~11に示す本発明の開口使用順序に比べ、かなりビーム移動距離が長くなっている。裏返せば、本発明のキャラクタ開口配置方法および開口使用順序(ビーム偏向順序)の決定方法によれば、マスク上およびウエハ上でのビーム移動距離が大幅に低減され、偏向整定待ち時間が短縮されることがわかる。

【0051】具体的には、本発明の方法によれば、図13~15に示す従来の開口配置での最短ビーム偏向に比べ、約13%もビーム移動距離が短縮される。この値は、図3に示す、キャラクタパターンの種類が28種類だけの簡略化した回路パターンの例で達成された値である。現実のロジック回路は、使用するキャラクタ種類の数も多く、マスク上でのキャラクタ開口配置領域も広い。本発明を現実の半導体回路パターンの露光に適用した場合、ビーム移動距離および偏向整定待ち時間が短縮されるという効果は、一層高まる。

【0052】本発明の露光装置および露光方法を実現するために、任意の回路パターンを読み込んでキャラクタパターンの出現頻度を計算するキャラクタ頻度計算部131の動作、ビーム移動距離が最短となるマスク上での

キャラクタ開口の配置を決定するキャラクタ開口配置決定部133の動作、マスク上およびウエハ上でビーム移動距離が最短となるように偏向順序を決定する偏向順序設定部132の動作を制御するプログラムを、あらかじめCPU130のメモリ134に記録しておいてもよい。また、プログラムをその他の記録媒体、たとえば、フロッピー(登録商標)ディスク、CD-ROM、MOディスクなどの、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、その他半導体メモリなどに記録しておいてもよい。

【0053】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の露光装置および露光方法によれば、露光すべき回路パターン内のキャラクタパターン出現頻度に加え、回路全体で任意の2つのキャラクタパターンが同一小領域内にある組み合わせ頻度をも考慮に入れる。これにより、頻繁に使用されるキャラクタ開口同士がマスク上で近接して位置する最良の開口配置が実現される。また、各小領域(露光領域)ごとに、マスク上およびウエハ上でのビーム移動距離が最短となるように偏向順序を決定するので、キャラクタ開口の選択に伴う偏向変化量を最小にすることが可能になる。この結果、偏向整定待ち時間を最短にすることができ、半導体回路製造のスループットを向上することができる。

【0054】本発明は、特に微細かつ大規模な半導体回路パターンの形成に効果的である。細く絞った荷電ビームを用いて、偏向整定待ち時間を大幅に短縮した部分一括露光方式によりパターン転写を行うので、複雑なパターンを高精度かつ短時間に形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の部分一括露光方式による荷電ビーム露光装置の構成を示す図である。

【図2】本発明の露光方法の手順を示す図である。

【図3】露光すべき回路パターンを複数の小領域に分割する例を示す図である。

【図4】図3の回路パターン内での、各キャラクタパターンの出現頻度を表わす表である。

【図5】図3の回路パターン内で、任意の2つのキャラクタパターンが同一領域内に存在する組み合わせ頻度を表わす表である。

【図6】従来の単純開口配置によりマスク上にキャラクタ開口を形成した場合の、ビームの移動状態を示す図である。

【図7】本発明の方法により、回路パターン全体の露光を通してマスク上でのビーム移動距離が最短になるようにキャラクタ開口を配置した例を示す図である。

【図8】図7に示すマスク上でのビーム移動状態を示す図である。

【図9】図7に示すマスクを用いて各小領域を露光する場合の、小領域#1~#4での最短の開口使用順序を示

10

20

30

40

50

す図である。

【図10】図7に示すマスクを用いて各小領域を露光する場合、小領域#5～#8での最短の開口使用順序を示す図である。

【図11】図7に示すマスクを用いて小領域を露光する場合、各小領域#9および#10での最短の開口使用順序を示す図である。

【図12】キャラクタパターンの出現頻度のみに基づき、使用頻度の高い開口をマスクの中心から外周に向けて配置した従来の開口配置を示す図である。

【図13】図12に示すマスクを用いて各小領域を露光する場合、小領域#1～#4での最短の開口使用順序を示す図である。

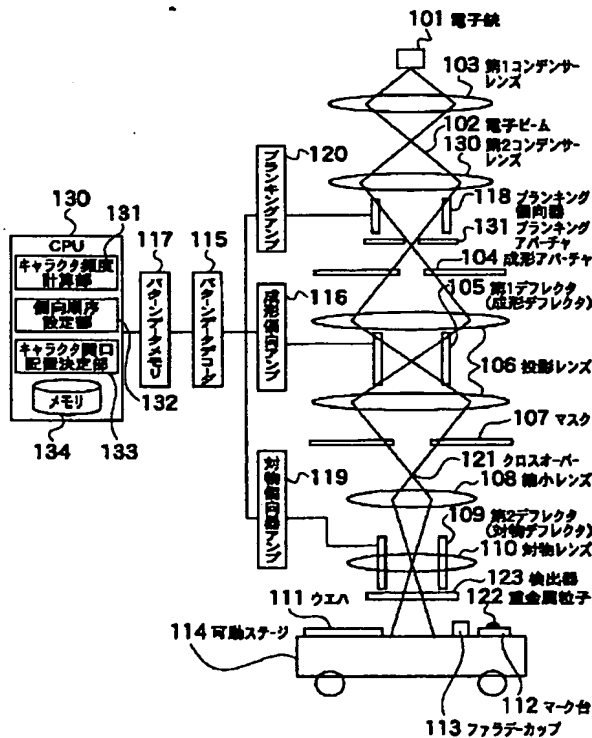
【図14】図12に示すマスクを用いて各小領域を露光する場合、小領域#5～#8での最短の開口使用順序を示す図である。

【図15】図12に示すマスクを用いて小領域を露光する場合、各小領域#9および#10での最短の開口使用順序を示す図である。

10

*

【図1】



* 【図16】従来の開口配置によるマスクを用いて露光する場合のビーム偏向状態を示す図である。

【符号の説明】

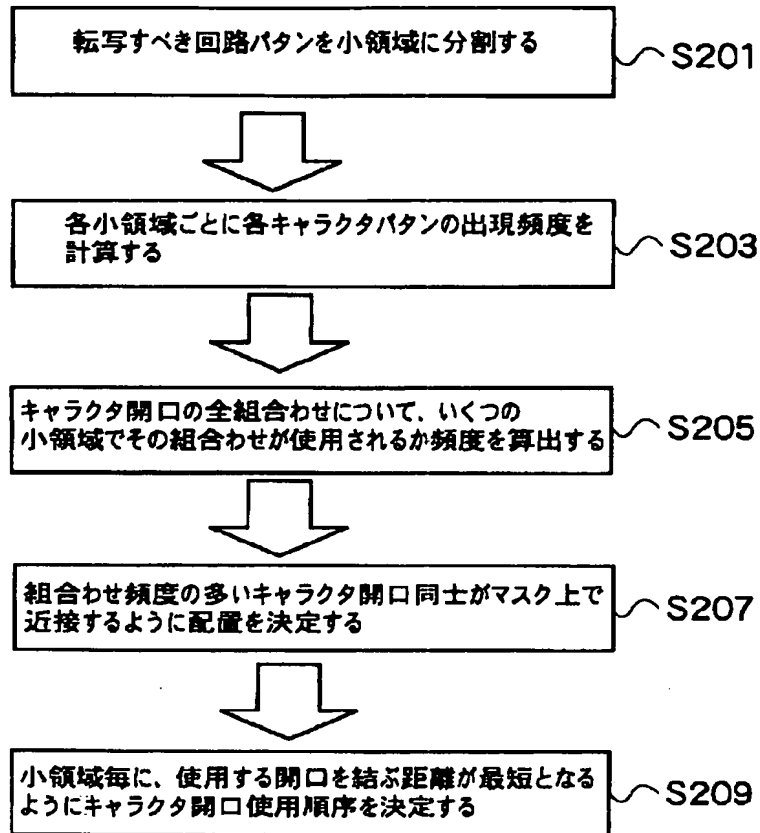
- 100 露光装置
- 101 電子銃
- 102 電子ビーム
- 104 成形アパーチャ
- 105 第1デフレクタ (成形デフレクタ)
- 106 投影レンズ
- 107 マスク
- 108 縮小レンズ
- 109 第2デフレクタ (対物デフレクタ)
- 111 ウエハ
- 130 CPU
- 131 キャラクタ頻度計算部
- 132 偏向順序設定部
- 133 キャラクタ開口配置決定部
- 300 半導体回路パターン

【図4】

キャラクタ名	小領域番号										総参照回数
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
A	8	2		2	2	1	2	1	2	1	16
B									2		2
C					1				1		2
D	1	1	1	1			1	8	2	1	11
E					1	1	1	1	2	2	8
F						1					1
G	1			1							2
H	1	2									3
I						1					1
J			3								3
K		1							1		2
L	1		2	1	1	2		2		1	10
M						1					1
N		1									1
O									1		1
P			1								1
Q							1				1
R										1	1
S	1										1
T											2
U				2	1				2		6
V						1					1
W								1			1
X				1	1	2	1	1	2		8
Y	1										1
Z				2	1		3	8	2	1	12
Σ					1	2					3
平均	2	1								1	4
合計	11	8	7	11	10	11	8	13	18	10	

レイアウト例において各小領域内に配置されているキャラクタのリストを示す図

【図2】

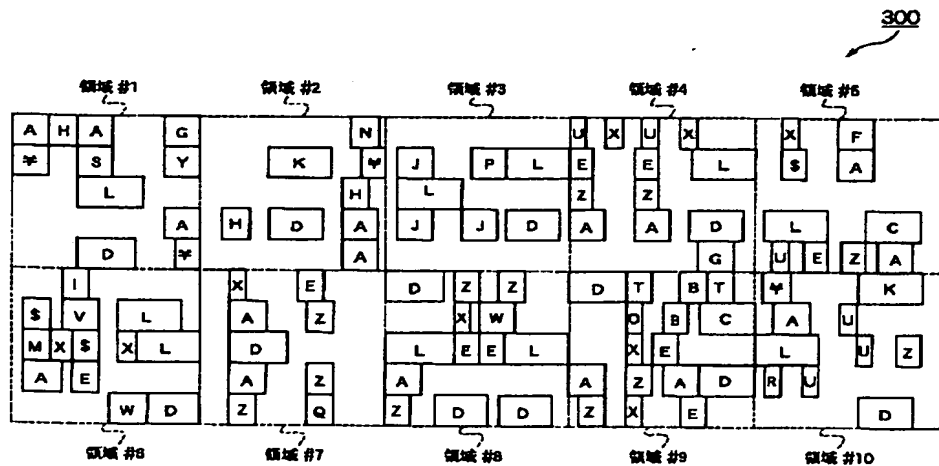


【図5】

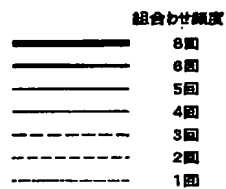
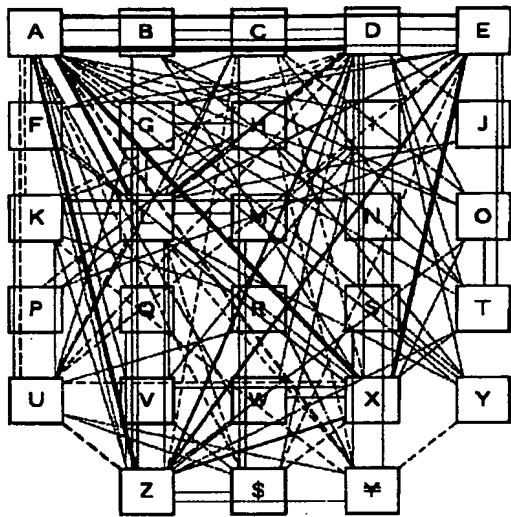
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	\$	%
A	1	2	8	6	1	2	2	1	2	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B		1	1	1												1					1	1			1	1	1	1
C			1	2	1							1		1							1	1		2	2	1		
D				4	2	2	1	2	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	4	1	5	3				
E				1	1	1		4	1	1	1	1			1	1	2	1	1	6	5	2						
F									1										1	1	1	1						
G								1			2							1	1		1	1	1	1				
H									1	1	1							1				1		1		2		
I										1	1										1	1		1				
J											1		1															
K											1	1		1		1		1										
L												1	1	1	1	1	3	1	1	4	1	4	2	2				
M													1	1	1					1	1		1					
N																												
O																					1			1	1			
P																												
Q																												
R																							1	1	1			
S																										1	1	1
T																												
U																												
V																												
W																												
X																												
Y																												
Z																												
\$																												
%																												

レイアウト例におけるキャラクタの組合わせ頻度を示す図

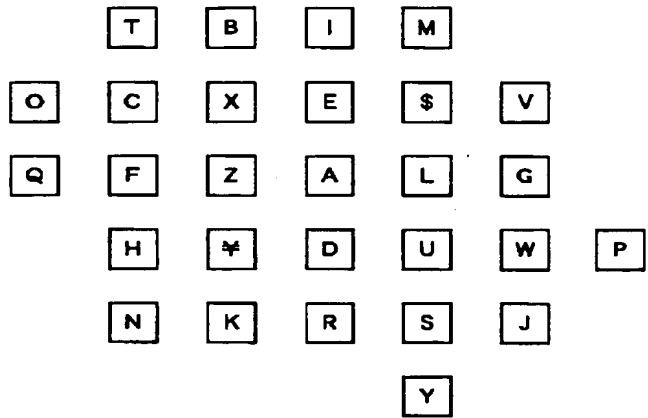
【図3】



【図6】

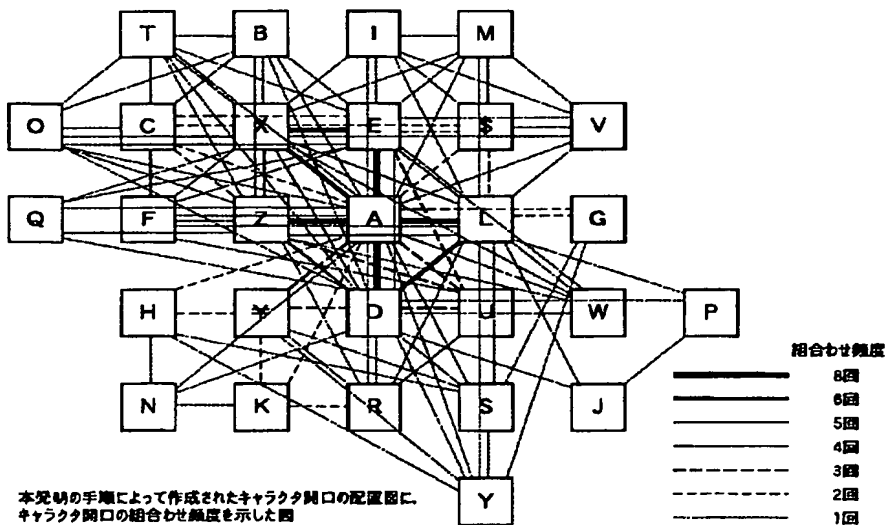


【図7】



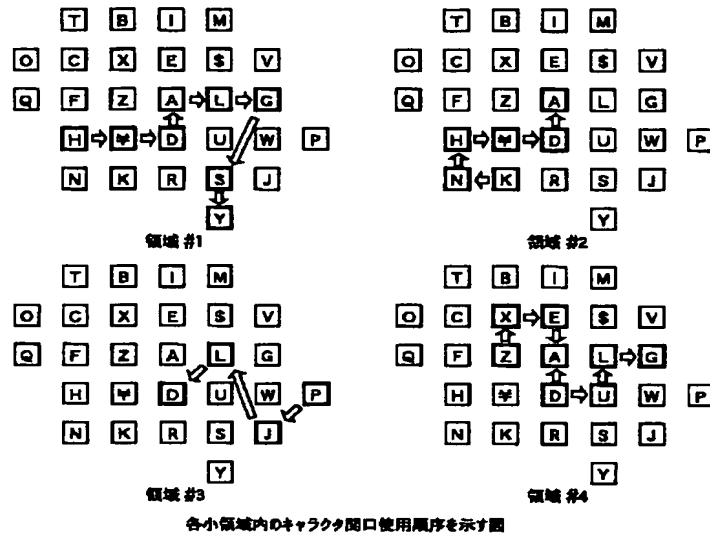
本発明の手順によって作成された7バーチャ上のキャラクタ配置を示す図

【図8】

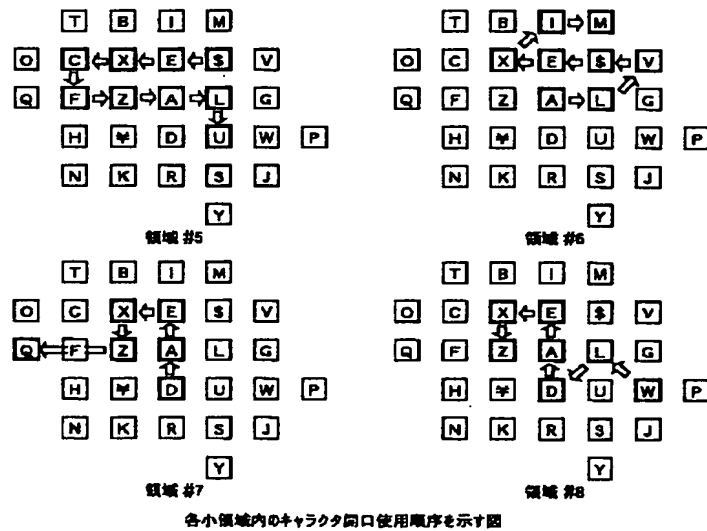


本発明の手順によって作成されたキャラクタ開口の配置図に、
キャラクタ開口の組合わせ頻度を示した図

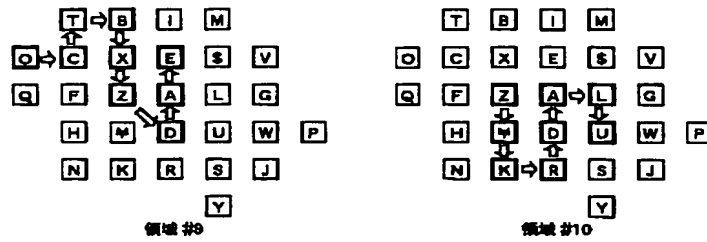
【図 9】



【図 10】

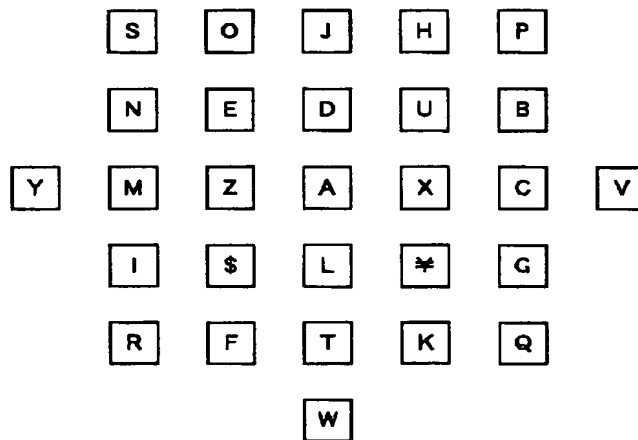


【図11】



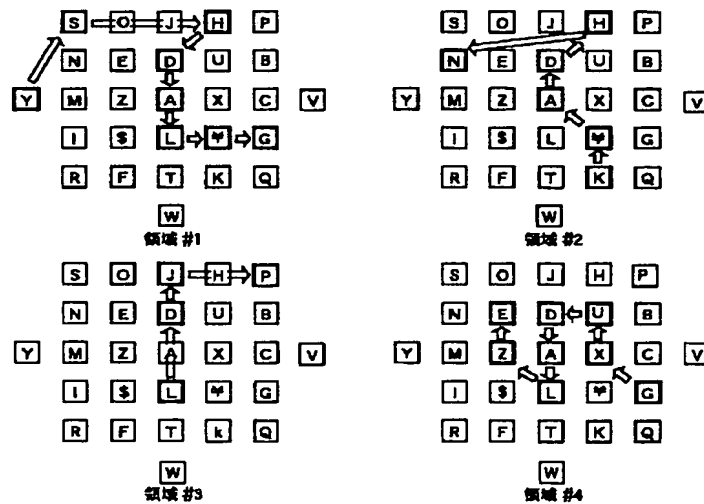
各小領域内のキャラクター開口使用順序を示す図

【図12】



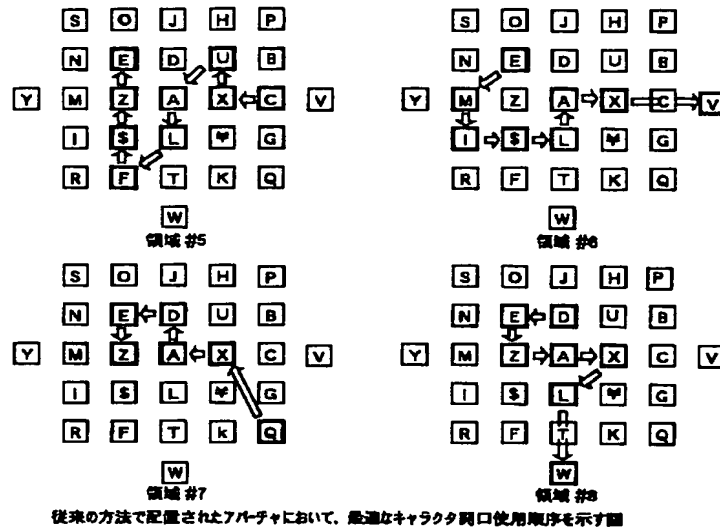
従来の手順によって作成された7パッチ上のキャラクター配置を示す図

【図13】

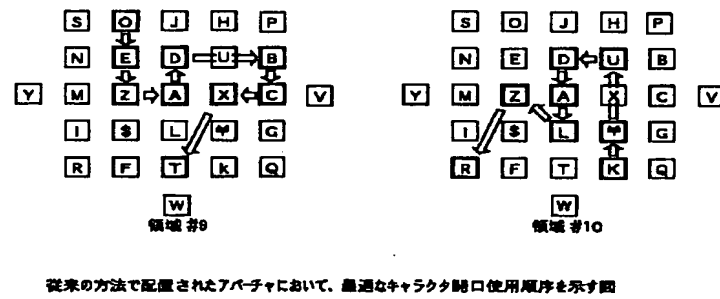


従来の方法で配置された7パッチにおいて、最適なキャラクター開口使用順序を示す図

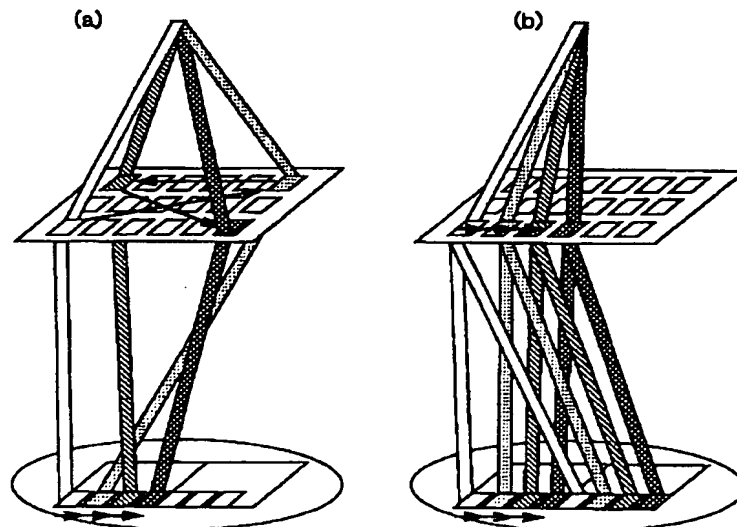
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H097 AA03 CA16 LA10
5C034 BB04 BB05
5F056 AA06 CA02 CA04 CA05 CB05
EA03